



Implementasi Intelligent and Technology Internet Mobile System (InTIMS) pada Purwarupa Sistem Peringatan Dini Kekeringan dan Pengaturan Pola Tanam

Purnomo Edi Sasongko

**Program Studi Agroteknologi
Fakultas Pertanian**

UPN “Veteran” Jatim,

Surabaya, Indonesia

e-mail : purnomoedis@gmail.com

Akhmad Fauzi

**Program Studi Sistem
Informasi, Fakultas Teknologi
Industri**

UPN “Veteran” Jatim,

Surabaya, Indonesia

e-mail : fauzi13@gmail.com

Susrama

**Program Studi T. Informatika,
Fakultas Teknologi Industri**

UPN “Veteran” Jatim,

Surabaya, Indonesia

e-mail : gdesusrama@gmail.com

ABSTRAK

Iklim merupakan komponen ekosistem dan faktor produksi yang sangat dinamik dan sulit dikendalikan. Dalam prakteknya, iklim dan cuaca sangat sulit untuk dimodifikasi/dikendalikan sesuai dengan kebutuhan, walaupun bisa memerlukan biaya dan teknologi yang tinggi. Iklim seringkali menjadi faktor pembatas produksi pertanian. Dalam menghadapi anomali iklim yang telah berlangsung sejak tiga dekade terakhir, para peneliti dan praktisi pertanian membutuhkan perangkat lunak aplikasi komputer yang dapat membantu memprediksi serta memberikan peringatan dini potensi kekeringan dan pengaturan waktu tanam yang lebih tepat. Hasil penelitian ini diharapkan berupa prototipe Sistem Peringatan Dini Tingkat Kekeringan dan Pengaturan Pola Tanam berbasis INTIMS (Intelligent and Technology Internet Mobile System)

Keyword : InTIMS, Kekeringan, Pola Tanam

I. PENDAHULUAN

Keberlangsungan sektor pertanian (perikanan dan perkebunan) secara umum masih ditentukan oleh perilaku iklim dan kondisi hidrologi wilayah setempat. Disamping faktor tanah, produktivitas pertanian sangat dipengaruhi oleh ketersediaan air dan berbagai unsur iklim. Namun dalam kenyataannya, iklim/cuaca sering seakan-akan menjadi faktor pembatas produksi. Hal tersebut disebabkan kurangnya selaras sistem usahatani dengan iklim akibat ketidakmampuan kita dalam memahami karakteristik dan menduga iklim, sehingga upaya antisipasi resiko dan sifat ekstrimnya tidak dapat dilakukan dengan baik. Akibatnya, sering tingkat hasil dan mutu produksi pertanian yang diperoleh kurang memuaskan dan bahkan gagal sama sekali.

Dalam bidang pertanian, peramalan iklim yang berjangka bulanan akan sangat penting artinya dalam perencanaan pertanian. Studi jangka panjang untuk peramalan iklim perlu segera dimulai dengan mempersiapkan data dasar yang akan menjadi acuan dalam pengkajian tersebut pada masa datang. Data dasar ini hanya akan diperoleh jika jaringan stasiun cuaca yang terpercaya segera disiapkan dengan pemasangan stasiun-stasiun cuaca di Indonesia yang relatif lengkap.

Keterlambatan hujan yang melanda berbagai wilayah di Pulau Jawa sejak beberapa periode musim tanam 5 tahun terakhir telah menyebabkan sungai-sungai mengering dan ribuan hektar tanaman pertanian puso. Beberapa pendapat sering mengatakan bahwa ini akibat dari El-Nino. Fenomena penyimpangan cuaca El-Nino ini kerap dijadikan kambing hitam dari terjadinya kekeringan di Indonesia, karena dari 14 kali kejadian kemarau panjang, sekitar 10 kali terjadi pada tahun-tahun El-Nino. Tetapi informasi ini hanya sebuah informasi yang tidak mengandung arti apa-apa bagi masyarakat umum, apalagi bagi para petani yang membutuhkan informasi yang lebih detail mengenai data cuaca dan waktu tanam. Walaupun gejala alam ini telah diketahui sejak lama namun waktu kejadian El Nino masih belum dapat diprakirakan dengan tingkat kepercayaan yang tinggi. El-Nino berhubungan dengan anomali suhu muka air di Lautan Pasifik yang berakibat pada perubahan pola tekanan udara serta akibat lanjutannya, berupa pergeseran uap air serta hujan dari Indonesia ke pantai Barat Benua Amerika. Disamping pengetahuan manusia yang masih terbatas untuk mengungkapkan gejala alam ini, khususnya bahwa El-Nino merupakan proses alam pada skala global yang saling berhubungan dari satu tempat (benua) ke tempat lainnya (*tele-connection*), piranti pengukur



unsur – unsur cuaca di Indonesia yang keragamannya sangat tinggi masih terbatas, khusus dari segi kualitas data yang dihasilkannya. Untuk Indonesia, masalah ketersediaan data yang akurat serta ahli meteorologi yang berpengalaman masih sangat minimal, sehingga masalah kekeringan dan banjir selalu menjadi *issue* hangat saat bencana tersebut sedang terjadi.

Pengaruh kegagalan panen, bangkrutnya petani dan harga pangan yang makin meningkat dapat meruntuhkan prospek pertumbuhan ekonomi. Kondisi dimana harga bahan pangan dan komoditi lain yang tinggi tentu saja berakibat pada peningkatan inflasi. Semakin rawannya ketahanan pangan di Indonesia merupakan akibat semakin menurunnya luas lahan pertanian dan produktivitas lahan yang tidak mungkin ditingkatkan. Artinya beberapa upaya untuk meningkatkan hasil produksi pertanian sudah tidak ekonomis lagi.

Peningkatan kebutuhan terhadap produksi pertanian akibat peningkatan jumlah penduduk di satu sisi, dan semakin terbatasnya jumlah sumber daya pertanian disisi lain, menuntut perlunya optimalisasi seluruh sumber daya pertanian, terutama lahan dan air. Oleh sebab itu, sistem usahatani yang selama ini lebih berorientasi komoditas (*commodity oriented*) harus beralih kepada sistem usahatani yang berbasis sumber daya (*commodity based*), seperti halnya sistem usahatani agribisnis. Salah satu aspek penting dalam pengembangan agribisnis adalah bahwa kualitas hasil sama pentingnya dengan kuantitas dan kontinuitas hasil.

Sesuai dengan karakteristik dan kompleksnya faktor iklim, maka kemampuan ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) dalam memodifikasi dan mengendalikan iklim sangat terbatas. Oleh sebab itu pendekatan yang paling efektif untuk memanfaatkan sumber daya iklim adalah menyesuaikan sistem usahatani dan paket teknologinya dengan kondisi iklim setempat. Penyesuaian tersebut harus didasarkan pada pemahaman terhadap karakteristik dan sifat iklim secara baik melalui analisis dan interpretasi data iklim. Mutu hasil analisis dan interpretasi data iklim, selain ditentukan oleh metode analisis yang digunakan, juga sangat ditentukan oleh jumlah dan mutu data.

Iklim / Cuaca juga merupakan suatu kondisi udara di suatu tempat pada saat yang relatif singkat yang meliputi kondisi suhu, kelembaban, serta tekanan udara sebagai komponen utamanya. Pencarian metode untuk memprediksi cuaca adalah kegiatan yang akhir-akhirini banyak dilakukan oleh peneliti terhadap atmosfer atau cuaca. Dikarenakan banyaknya tuntutan dari berbagai pihak yang membutuhkan informasi kondisi atmosfer yang lebih cepat, lengkap, dan akurat. Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) sebagai perusahaan negara yang bertugas sebagai pengamat cuaca mampu memprediksikan cuaca melalui metode konvensional baik itu metoda statistik maupun dinamik yang mencakup radius 5 – 10 km untuk 1 titik pengamatan di wilayah yang dapat diprediksikan. Selama ini, BMKG menggunakan metode matematis untuk peramalan. Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan metode peramalan menggunakan fuzzy clustering (Syamsul Arifin, 2007) yang mampu menghasilkan ketepatan sebesar 69% untuk data uji sebanyak 304 hari. Selanjutnya prediksi cuaca maritim menggunakan jaringan syaraf tiruan (Andre Kresnawan, 2008) yang menghasilkan ketepatan prediksi untuk arus laut sebesar 60,7%, gelombang laut sebesar 72,4%, dan prediksi curah hujan sebesar 26,122%. Kemudian prediksi cuaca maritim menggunakan metode ANFIS (Ardian CandraP, 2010) yang menghasilkan ketepatan prediksi 38,00% untuk curah hujan, 99,887% untuk arus laut, dan 99,913% untuk ketinggian gelombang laut.

II. TEORI IKLIM DAN TANAMAN

2.1. Iklim dan Tanaman

a. Terminology climate

Iklim merupakan salah satu komponen ekosistem (bio-fisik) yang proses dan dinamikanya dipengaruhi oleh faktor global dan berada di luar atmosfer. Kejadian iklim tidak terlepas dari dinamika alam, terutama proses rotasi $23,5^{\circ}$ terhadap bidang (normal), air serta energi. Penjabaran dari zat alir dan energi tersebut adalah unsur-unsur iklim, seperti tekanan udara dan angin, curah hujan, suhu, radiasi surya, kelembaban nisbi dan lain-lain.

Istilah “iklim” yang sehari-hari dipahami secara awam, sebenarnya terkandung dua pengertian dan terminologi yang agak berbeda berdasarkan dimensi waktu, yaitu iklim itu sendiri dalam pengertian *climate*, dan cuaca dalam pengertian *weather*. Secara sederhana, iklim adalah gambaran umum atau keadaan rata-rata dari fisika atmosfer pada suatu lokasi atau wilayah selama periode waktu tertentu (minimum harian). Sedangkan cuaca adalah keadaan fisika atmosfer pada suatu lokasi atau wilayah pada saat tertentu atau dalam periode jangka pendek (maksimum harian).



b. Peranan unsur-unsur iklim bagi tanaman

Pertumbuhan dan produksi tanaman merupakan hasil akhir dari proses fotosintesis dan berbagai fisiologi lainnya. Proses fotosintesis sebagai proses awal kehidupan tanaman pada dasarnya adalah proses fisiologi dan fisika yang mengkonversi energi surya (matahari) dalam bentuk gelombang elektromagnetik menjadi energi kimia dalam bentuk karbohidrat. Sebagian energi kimia tersebut direduksi/ dirombak menjadi energi kinetik dan energi termal melalui proses respirasi, untuk memenuhi kebutuhan internal tanaman. Sedangkan bagian lainnya direformasi menjadi beberapa jenis senyawa organik, termasuk asam amino, protein dan lain-lain melalui beberapa proses metabolisme tanaman.

Selain radiasi surya, proses fotosintesis sangat ditentukan oleh ketersediaan air, konsentrasi CO_2 dan suhu udara. Sedangkan proses respirasi dan beberapa proses metabolisme tanaman secara signifikan dipengaruhi oleh suhu udara dan beberapa unsur iklim lain. Proses transpirasi yang menguapkan air dari jaringan tanaman ke atmosfer merealisasikan proses dinamisasi dan translokasi energi panas, air, hara dan berbagai senyawa lainnya di dalam jaringan tanaman. Secara fisika, proses transpirasi tanaman sangat ditentukan oleh ketersediaan air tanah (kelembaban udara), radiasi surya, kelembaban nisbi dan angin.

Selain proses metabolisme, proses pembungaan, pengisian biji dan pematangan biji atau buah juga sangat dipengaruhi oleh radiasi surya (intensitas dan lama penyinaran), suhu udara dan kelembaban nisbi serta angin. Oleh sebab itu, produktivitas dan mutu hasil tanaman yang banyak ditentukan pada fase pengisian dan pematangan biji atau buah sangat dipengaruhi oleh berbagai unsur iklim dan cuaca, terutama radiasi surya dan suhu udara. Pada Tabel 1 disajikan matriks relative peranan unsur-unsur iklim dalam berbagai proses fisiologis, pertumbuhan dan produksi tanaman.

III. METODOLOGI

Penelitian analisis tingkat kekeringan sebagai dasar pengelolaan pola tanam di lahan kering pada prinsipnya mengkaji karakteristik kerentanan lahan kering di Jawa Timur terhadap kekeringan. Kekeringan yang dimaksudkan dalam penelitian ini adalah kekeringan meteorologis dengan perubahan iklim dan tekstur tanah. Sebelum menganalisis lebih jauh terhadap tingkat kekeringan, penelitian ini juga mengkaji bagaimana perubahan iklim tersebut dipengaruhi oleh kondisi perubahan iklim global. Beberapa tahun terakhir ini masyarakat petani merasakan adanya suatu perubahan musim dalam pengelolaan usaha taninya.

Kekeringan dianalisis dengan menggunakan indeks Palmer yang mengandung konsep neraca air lahan. Analisis dilakukan terhadap seluruh stasiun yang menyebar di seluruh kabupaten di Jawa Timur. Hasil analisis selanjutnya dipetakan secara spasial dan temporal bulanan, sehingga dapat dijelaskan bagaimana pola spasial temporal tingkat kekeringan yang terjadi di lokasi penelitian atau pendekatan penelitian menitikberatkan pada aspek pola sebaran kekeringan yang terjadi dalam suatu wilayah.

3.1. Pemilihan Lokasi Penelitian

Penelitian akan dilakukan di wilayah Provinsi Jawa Timur yang difokuskan pada zona agroekologi (AEZ) lahan kering pengembangan tanaman pangan.

Lokasi kegiatan penelitian untuk analisis tingkat kekeringan mencakup seluruh wilayah Provinsi Jawa Timur, sedangkan untuk mengkaji pengelolaan pola tanam di lahan kering dipilih 1 (satu) kabupaten yang mempunyai tingkat kerawanan kekeringan tertinggi di Jawa Timur. Wilayah Jawa Timur yang akan dianalisis kekeringannya diwakili oleh seluruh stasiun iklim yang berada di masing-masing kabupaten dengan jumlah 3-5 stasiun iklim/kabupaten (Lampiran 1) dan peta sebaran pos hujan yang akan digunakan dalam analisis terdapat pada Lampiran 2. Sedangkan untuk penentuan 1 (satu) kabupaten dengan tingkat kekeringan tertinggi dipilih dengan meranking tingkat puso tanaman pangan akibat kekeringan selama 10 tahun terakhir. Selanjutnya pada wilayah kabupaten yang terpilih dilakukan pemilihan contoh lokasi desa/kecamatan yang paling sering mengalami puso tanaman pangan akibat kekeringan.



3.2. Bahan Penelitian

Analisis data sekunder terdiri atas beberapa peubah seperti data iklim berupa data curah hujan dan suhu rata-rata bulanan dari tahun 1980-2006, data tanah berupa data jenis tanah, dan peta penggunaan lahan. Sedangkan kegiatan survei menekankan pada hasil wawancara dengan kuesioner pada petani lahan kering yang berada pada kabupaten yang tingkat kekeringannya paling tinggi.

Berdasarkan pada peubah yang akan dikaji yaitu iklim, tanah, dan penggunaan lahan maka populasi pada kegiatan analisis data sekunder berupa seluruh stasiun iklim, jenis tanah, jenis penggunaan lahan yang berada di Jawa Timur. Populasi stasiun iklim di Jawa Timur relatif besar, tidak diketahui secara pasti jumlah pengamatan iklim yang dilakukan oleh berbagai instansi yang ada di Jatim, sehingga teknik pengambilan sampel yang dipilih adalah *non-probability sampling*. Elemen-elemen populasi tidak mempunyai peluang yang sama untuk dijadikan sampel. Sampel stasiun iklim yang dipilih seperti yang terdapat pada Lampiran 1 berasal dari stasiun iklim BMG (Badan Meteorologi dan Geofisika) Jawa Timur. Beberapa pertimbangan yang digunakan dalam memilih sampel stasiun iklim dari **BMKG adalah ketersediaan data iklimnya kontinu**, lengkap sepanjang tahun yang akan diteliti, dan tersebar pada seluruh wilayah di Jawa Timur.

Untuk peubah jenis tanah dan penggunaan lahan, kegiatan *desk studi* diarahkan pada zona/wilayah sentra produksi tanaman pangan atau zona lahan tadah hujan dan lahan kering tanaman pangan yang telah dibuat peta arahnya dengan skala 1:250.000 oleh Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jawa Timur.

Kegiatan survei lebih banyak pada data hasil wawancara dengan kuesioner pada petani dan pengamatan lapang. Populasi pada kegiatan survei adalah masyarakat petani lahan kering di 1 (satu) desa terpilih yang berada pada Kabupaten yang paling rentan terhadap kekeringan.

b. Penentuan Contoh Studi

Dalam penelitian ini, sampel dipilih dengan cara *multistage* sampling atau sampling bertahap. Tahap pengambilan sampel secara garis besar dilakukan dengan tahapan sebagai berikut.

- *Tahap pertama*, memilih kabupaten. Penelitian untuk tujuan yang ketiga, yaitu penentuan pengelolaan pola tanam di lahan kering akan dilakukan di Kabupaten yang mempunyai zona lahan kering paling rawan. Penentuan Kabupaten dipilih dengan merangking tingkat puso tanaman pangan akibat kekeringan selama 10 tahun terakhir di seluruh Kabupaten di Jawa Timur dan mempertimbangkan zona paling rawan dari hasil zonasi tingkat kekeringan di lahan kering.
- *Tahap kedua*, memilih kecamatan. Pemilihan kecamatan seperti halnya pemilihan Kabupaten. Kecamatan yang berada di Kabupaten terpilih dirangking tingkat kekeringannya berdasarkan tingkat puso tanaman pangan akibat kekeringan selama 10 tahun terakhir.
- *Tahap ketiga*, dilakukan penentuan sampel 1 (satu) desa dari kecamatan terpilih yang didasarkan atas luas lahan kering desa yang paling sering mengalami kekeringan.
- *Tahap keempat*, adalah pemilihan petani responden di desa terpilih. Metode pengambilan sampel untuk petani responden digunakan *purposive sampling* dengan memilih petani yang berada di lokasi desa tersebut yang paling sering terjadi kekeringan.
- *Tahap kelima*, adalah pengumpulan data dari BMKG Sampel stasiun iklim yang dipilih seperti yang terdapat pada Lampiran 1 berasal dari stasiun iklim BMG (Badan Meteorologi dan Geofisika) Jawa Timur. Beberapa pertimbangan yang digunakan dalam memilih sampel stasiun iklim dari **BMKG adalah ketersediaan data iklimnya kontinu**, lengkap sepanjang tahun yang akan diteliti, dan tersebar pada seluruh wilayah di Jawa Timur.
- *Tahap kelima*, adalah Analisa dan perancangan Sistem Sesuai dengan alur penelitian gambar 1

c. Bahan dan Peralatan

Material in this study were soil samples and some thematic maps to support this research. The tools used in the form of a soil sample ring, GPS, camera, and separangkat computer hardware, and software such as Microsfot Office, Minitab, Arc-View, software DSSAT v. 3.2.



d. Pengumpulan Data Penelitian

Data penelitian yang akan digunakan pada penelitian ini berupa data primer dan sekunder. Data primer lebih banyak diperoleh dalam kegiatan survei. Adapun data primer yang akan dikumpulkan adalah sebagai berikut.

- a) **Identifikasi Pola Tanam dan Teknologi Usaha-tani Pola Petani.** Identifikasi ini dilakukan dengan wawancara pada petani responden dan pengamatan lapang bersama-sama dengan petani responden dan tokoh-tokoh kunci, seperti ketua kelompok tani, PPL, dan aparatur desa atau yang lainnya. Wawancara dilakukan dengan menggunakan kuesioner dengan beberapa variabel.
- b) **Karakterisasi Lahan Pertanian.** Karakterisasi lahan pertanian dilakukan di desa contoh yang berada pada kabupaten terpilih yang paling rawan terhadap kekeringan. Pengambilan contoh tanah dilakukan dengan ring sampel tanah. Selanjutnya dilakukan analisis laboratorium sampel tanah yang telah diambil. Unsur-unsur sifat fisik tanah yang dianalisis adalah berat jenis, permeabilitas, kadar air kapasitas lapang, dan kadar air titik layu permanen. Sifat kimia tanah yang ditinjau adalah kandungan bahan organik, P_2O_5 , K_2O , Kapasitas Tukar Kation (KTK), dan Kejenuhan Basa (KB).

Adapun data sekunder yang akan dikumpulkan adalah sebagai berikut.

1. Data iklim harian dan bulanan 20-30 tahun seluruh stasiun iklim yang berada di wilayah Jawa Timur, terutama pada daerah sentra produksi tanaman pangan lahan kering dari BMG (Badan Meteorologi dan Geofisika) Karangpoloso Malang.
2. Data pola tanam, produktivitas, dan produksi 5 tahun terakhir wilayah sentra produksi tanaman pangan dari Dinas Pertanian Provinsi Jawa Timur.
3. Data Indeks Osilasi Selatan dan suhu muka laut Nino 3.4 (<http://www.pmel.noaa.gov>).
4. Data iklim oldeman untuk wilayah Jawa Timur dari Balai Besar Pengelolaan Sumber Daya Lingkungan Pertanian

3.3. Tahapan Penelitian

Kegiatan penelitian dilakukan dalam beberapa tahapan :

1. Penentuan perubahan karakteristik iklim akibat perubahan iklim global melalui tahap kegiatan :
 - a. Analisis hubungan indikator pemanasan global (indeks ENSO) dengan curah hujan bulanan (data curah hujan 30-40 tahun)
 - b. Pengelompokan wilayah Jawa Timur ke dalam wilayah-wilayah hujan berdasarkan pola dan tinggi hujan bulanan pada periode terjadinya perubahan iklim dengan menggunakan analisis komponen utama dan analisis kluster (Krzanowski, 1988).
 - c. Penyusunan informasi spasial dan temporal kelompok wilayah hujan
 - d. Perbandingan secara spasial perubahan karakteristik iklim dengan peta tipe iklim oldeman (1975)
2. Penyusunan Indeks Kekeringan pada zona lahan kering tanaman Pangan meliputi :
 - a. Analisis data indeks kekeringan Palmer yang disajikan dalam bentuk spasial bulanan dari Januari hingga Desember secara klimatologis (rata-rata 15-30 tahun), maupun pada kondisi tahun El-Nino (1997).
 - b. Analisis neraca air lahan yang disajikan dalam bentuk spasial bulanan dari Januari hingga Desember secara klimatologis
 - c. Pembuatan peta spasial dan temporal dengan GIS (*Geographic Information System*) meliputi peta wilayah kekeringan, dan neraca air lahan.
3. Penentuan pengelolaan usahatani tanaman pangan di wilayah rawan kekeringan pada kondisi iklim normal, El-Nina, dan La-Nina dengan model simulasi melalui tahapan kegiatan :
 - a. Identifikasi teknologi usahatani pola petani
 - b. Karakterisasi lahan pertanian
 - c. Penyusunan pengelolaan pola tanam mengacu pada bentuk usahatani yang biasa dilakukan petani (*usahatani existing*)



4. Penerapan InTIMS (*Intelligent & Technology Internet-Mobile System*) pada Prototype Sistem Informasi Geografis
- Analisa Sistem berbasis InTIMS
 - Desain Sistem berbasis InTIMS
 - Database Spasial berbasis InTIMS
 - Database Sistem berbasis InTIMS
 - Implementasi Sistem berbasis InTIMS
 - Sistem Informasi Geografis online berbasis InTIMS

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Desain Arsitektur

Arsitektur mencakup kerangka kerja, pengaturan kelembagaan, norma, sistem polisentris-berlapis-lapis dan struktur. Sistem yang akan dirancang adalah penerapan sistem peramalan layanan web berbasis teknologi yang diharapkan dapat dijalankan pada platform mobile web, sehingga memudahkan penyebaran informasi tentang cuaca dan kekeringan berpotensi bencana pangan. Dan peringatan dini kepada para petani, peneliti dan pembuatan kebijakan di sektor pertanian.

Desain Sistem

Aplikasi ini dirancang untuk mendukung kekeringan sistem peringatan dini dan pengaturan pola tanam, maka pengguna sistem ini meliputi: pejabat kemen-terian pertanian, kelompok tani, dan administrator sistem. Desain sistem disajikan pada gambar 1 dan 2.

V. KESIMPULAN

Kekeringan mempengaruhi lebih banyak orang daripada bencana alam lainnya dan mengakibatkan biaya ekonomi, sosial dan lingkungan yang serius. Perkembangan pemantauan kekeringan yang efektif, peringatan dini dan sistem pengiriman telah menjadi tantangan besar karena karakteristik unik dari kekeringan. Langkah signifikan telah dibuat dalam beberapa tahun terakhir untuk meningkatkan efektivitas sistem ini. Dengan meningkatnya frekuensi dan tingkat keparahan kekeringan di berbagai daerah di Indonesia dan meningkatnya kerentanan sosial, lebih menekankan sekarang sedang ditempatkan pada pengembangan rencana kesiapan kekeringan yang proaktif dan bukan reaktif dan menekankan langkah-langkah manajemen berbasis risiko.

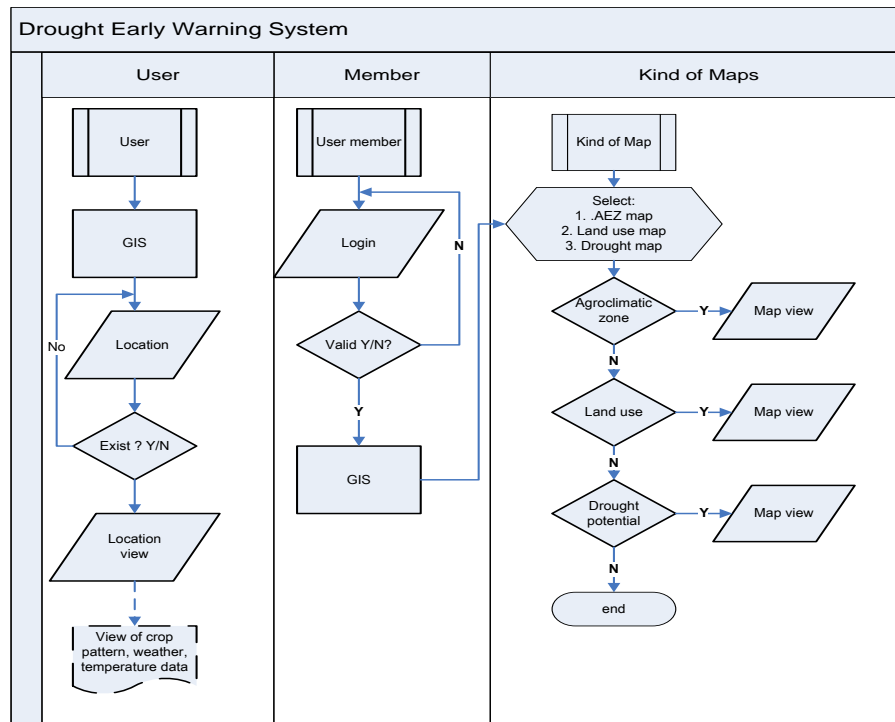
DAFTAR PUSTAKA

- [1] Agboma, C.O., S. Z. Yirdaw, & K. R. Snelgrove 2009. Intercomparison of the Total Storage Deficit Index (TSDI) over two Canadian Prairie catchments *Journal of Hydrology*, 374, 351– 359.
- [2] Anderson, M.C., and W. P. Kustas, 2008. “Mapping Evapotranspiration and Drought at Continental and Local Scales with a Thermal-based Surface Energy Balance Model”. USDA ARS Hydrology and Remote Sensing Lab, Beltsville
- [3] Anderson, M.C., W. P. Kustas, J.R. Mecikalski, and C. R. Hain, 2009 “A GOES-based drought product using thermal remote sensing of evapotranspiration, 23rd Conference on Hydrology, Session 2, Drought Prediction, Monitoring, and Mitigation, 17 Jan 2009, American Meteorological Society
- [4] Andreadis, K.M., E.A. Clark, A.W. Wood, A.F. Hamlet, and D.P. Lettenmaier, 2005. 20th. Century drought in the conterminous United States, *J. Hydrometeorology*. 6, 985-1001
- [5] Berners-Lee, T., J. Hendler, and O. Lassila (2001) “The Semantic Web,” *Scientific American*, May, 2001
- [6] Guttman, N.B. 1998. Comparing the Palmer Drought Index and Standardized Precipitation Index. *Journal of the American Water Resources Association* 34:113-121
- [7] Svoboda, M. 2009. Drought Early Warning Systems. Inter-Regional Workshop on Indices and Early Warning Systems for Drought Lincoln, NE December 8-11, 2009. School of Natural Resources University of Nebraska-Lincoln.
- [8] Todd S. Glickman, 2001. Glossary of Meteorology 2nd Edition. American Meteorological Society.

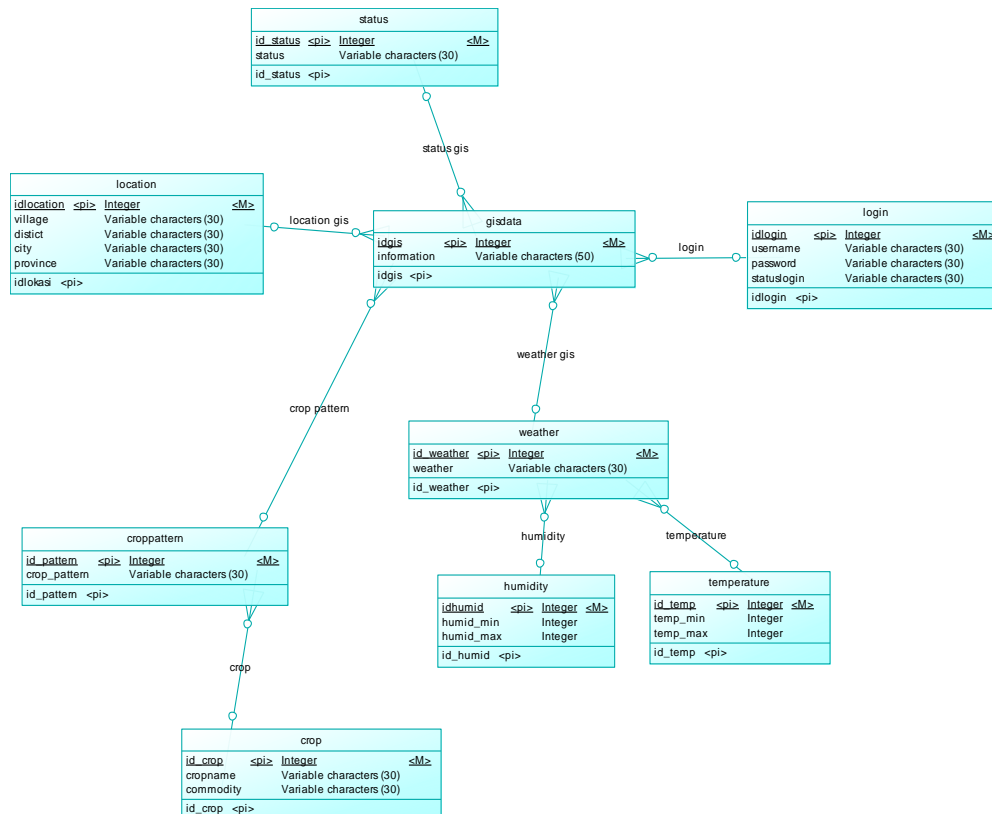


SEMINAR HASIL PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT YANG DIDANAI
DP2M DIKTI, RISTEK, KKP3T, KPDT, PEMDA DAN UPNVJ TAHUN 2013
Surabaya, 10 – 11 Desember 2013
Diselenggarakan Oleh LPPM – UPN “Veteran” Jawa Timur

[9] WMO. 2006. Drought monitoring and early warning: concepts, progress and future challenges. WMO-No. 1006.



Gambar 1. Flow Diagram dari Sistem Peringatan Dini Tingkat Kekeringan



Gambar 2. Model Data Konseptual dari Sistem Peringatan Dini Tingkat Kekeringan